








Manejo de sistemas productivos

Artículo de investigación científica y tecnológica

Concentración de la solución nutritiva y su relación con la producción y calidad de arándano azul

 Carlos Enrique Frías-Ortega¹,  Gelacio Alejo-Santiago¹,  Rubén Bugarín-Montoya¹,  Circe Aidín Aburto-González^{1*},  Cecilia Rocío Juárez-Rosete¹,  Elizabeth Urbina-Sánchez²,  Esperanza Sánchez-Hernández¹

¹ Universidad Autónoma de Nayarit. Tepic, México² Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca de Lerdo, México

* Autor de correspondencia: Universidad Autónoma de Nayarit. Carretera Tepic-Compostela Km. 9.0, C.P. 63780. Xalisco, Nayarit. México. aidin75@hotmail.com

Recibido: 08 de febrero de 2019

Aceptado: 25 de febrero de 2020

Publicado: 07 de julio de 2020

Editor temático: Rafael Reyes Cuesta (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [AGROSAVIA])

Para citar este artículo: Frías-Ortega, C. E., Alejo-Santiago, G., Bugarín-Montoya, R., Aburto-González, C. A., Juárez-Rosete, C. R., Urbina-Sánchez, E., & Sánchez-Hernández, E. (2020). Concentración de la solución nutritiva y su relación con la producción y calidad de arándano azul. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 21(3), e1296. https://doi.org/10.21930/rcta.vol21_num3_art:1296

Resumen

La producción, calidad y concentración nutrimental foliar del arándano azul (*Vaccinium corymbosum* L.) cv. Biloxi de bajo requerimiento de frío fue evaluada en cultivo hidropónico, empleando diferentes concentraciones de solución nutritiva. El ensayo se realizó en un invernadero tipo semitúnel, con cubierta de plástico, sistema de ventilación pasivo con apertura cenital y lateral, y sin control climático. Se emplearon plantas de arándano de un año de edad, provenientes de cultivo *in vitro*, y fueron colocadas en contenedores de plástico flexible de 15 L de capacidad con roca basáltica volcánica roja como sustrato, con un marco de plantación de 2 m entre hileras y 0,5 m entre plantas. El diseño experimental fue completamente al azar, con cuatro tratamientos y cinco repeticiones, y cada repetición tuvo cuatro plantas, lo que dio un total de ochenta plantas. Se evaluaron cuatro concentraciones de solución Steiner modificada (0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 dS/m). Las variables evaluadas fueron producción y calidad de fruto, y se consideró tamaño, pH, sólidos solubles totales y firmeza, así como la concentración foliar de macronutrientes en cada etapa fenológica. Se concluyó que el arándano azul cv. Biloxi es sensible a la salinidad del medio de crecimiento. Se determinó que, cuando el valor de conductividad eléctrica (CE) es mayor a 1,0 dS/m, afecta el crecimiento, producción y calidad del arándano; sin embargo, se puede utilizar una solución nutritiva con CE entre 0,5 y 1,0 dS/m sin afectar el rendimiento y la calidad de fruto, ni los niveles de concentración nutrimental foliar en cultivo hidropónico.

Palabras clave: agricultura sostenible, hidroponía, nutrición de las plantas, salinidad del suelo, *Vaccinium corymbosum*

Nutrient solution concentration and its relationship with blueberry production and quality

Abstract

The production and quality of blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) cv. Biloxi of low cold requirement and the foliar nutritional concentration in hydroponic culture were evaluated using different concentrations of nutritive solution. The experiment was carried out in a semi tunnel type greenhouse with plastic cover, a passive ventilation system with zenithal and lateral openings, and without climate control. One-year-old blueberry plants from *in vitro* culture were used and placed in flexible plastic containers of 15 L capacity with red volcanic basalt rock as a substrate with a planting frame of 2 m between rows and 0.5 m between plants. The experimental design was completely randomized with four treatments and five repetitions, and each repetition had four plants with a total of eighty plants. Four concentrations of modified Steiner solution (0.5, 1.0, 1.5, and 2.0 dS/m) were evaluated. The assessed variables were production per plant and fruit quality, considering size, pH, total soluble solids and firmness, as well as the foliar concentration of macronutrients in each phenological stage. We concluded that blueberry cv. Biloxi is sensitive to the salinity of the growth medium. When the electrical conductivity (EC) value is higher than 1.0 dS/m, blueberry growth, production, and quality are affected. In hydroponic systems, a nutrient solution with EC between

0.5 and 1.0 dS/m can be used without affecting yield and fruit quality, or foliar nutritional concentration levels in hydroponic culture.

Keywords: hydroponics, plant nutrition, soil salinity, sustainable agriculture, *Vaccinium corymbosum*

Introducción

El arándano azul (*Vaccinium corymbosum* L.) pertenece a la familia Ericaceae y es un cultivo de importancia mundial que en los últimos años ha mostrado un crecimiento promedio anual de 3.000 ha. En el año 2016, México ocupó el cuarto lugar con una producción de 18.031 t, de las cuales se exportaron 17.345 t con un valor comercial de 187,9 millones de dólares (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2020). Ante la importancia que gana constantemente el cultivo, existe la necesidad de satisfacer el requerimiento del mercado en cuanto a calidad y cantidad. Los sistemas hidropónicos se presentan como una alternativa interesante ya que permiten un mejor manejo de la nutrición, además de reducir la pérdida de nutrientes hacia el ambiente (Voogt et al., 2014).

En el proceso de reconversión productiva en los últimos años en México, se ha optado por la adopción de nuevos cultivos y tecnologías de producción, particularmente el de frutillas en condiciones de agricultura protegida (Álvarez-Bravo et al., 2019). Mediante estos sistemas, es posible alcanzar mayores rendimientos, mejor calidad e inocuidad de los frutos, mayor control del clima y suministro de nutrimentos, producción uniforme y precoz, menor espacio necesario para producir, y mejor control de patógenos y ahorro de agroquímicos, además de una alta densidad de plantación al menos inicialmente (Voogt et al., 2014).

La mayoría de las especies cultivadas del género *Vaccinium* requiere, para su óptimo desarrollo, un pH ácido en el medio de crecimiento y alta disponibilidad de hierro (Poonnachit & Darnell, 2004). La mayor parte de la superficie establecida con este cultivo se encuentra en suelo y difícilmente se cumple las condiciones que demanda.

Los estudios de nutrición mineral en arándano azul, en su mayoría, hacen referencia a la nutrición nitrogenada, en cuanto a la forma iónica de preferencia para su absorción (NO_3^- y NH_4^+). Sin embargo, los resultados son contradictorios, pues algunos mencionan que es mejor la forma amoniacal (Poonnachit & Darnell, 2004), mientras otros indican que es la nítrica (Crisóstomo et al., 2014). Algunos estudios demuestran que la fertilización afecta de manera significativa la calidad del fruto (Pavlis, 2006), que está determinada por tamaño, color, sabor y firmeza, entre otros atributos. El contenido de potasio, fibra, antioxidantes como vitaminas A y C le confieren alto valor nutritivo y económico (Bello et al., 2012).

El arándano azul es sensible a la salinidad del medio y se ha reportado que una conductividad eléctrica (CE) mayor de 1,5 dS/m daña el sistema radicular, hojas y la producción de frutos (Machado et al., 2014). Sin embargo, no hay evidencia suficiente del manejo de la concentración de la solución nutritiva en sistemas hidropónicos, mediante el incremento proporcional de la concentración de iones presentes.

Por lo anterior, el objetivo del estudio fue determinar la concentración nutrimental foliar, producción y calidad de fruto de arándano azul cv. Biloxi, en función de la solución nutritiva.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en la Unidad Académica de Agricultura en Xalisco, estado de Nayarit, México (21° 25'N, 104°53'O y altitud de 958 m s. n. m.), un invernadero tipo semitúnel con cubierta de plástico transparente sin control climático, con ventilación pasiva cenital y lateral, durante los meses de junio del 2017 a junio del 2018. Durante el ciclo del cultivo, la temperatura mínima fue de 17 °C y la máxima, de 42 °C, y la humedad relativa del 70 %.

Material vegetal

Se utilizaron plantas de arándano cv. Biloxi, de un año de edad, propagadas mediante cultivo *in vitro* que se adquirieron en la empresa Viveros Toluquilla, en Tlaquepaque, Jalisco, México. El trasplante se realizó en bolsas de polietileno color negro de 15 L, empleado como sustrato, con roca volcánica basáltica color rojo de partículas menores a 6,0 mm de diámetro. El distanciamiento fue 2,0 m entre hileras y 0,50 m entre plantas.

El sistema de riego consistió en cuatro depósitos con capacidad de 200 L con bombas eléctricas de 1/2 caballo de fuerza. Se suministró la solución nutritiva, a través de mangueras de 16 mm y goteros de 8 Lph. El riego se realizó con pulsos de un minuto cada hora, lo que sumó un total de siete riegos por día, con un gasto real de 100 mL planta por riego, durante los primeros cuatro meses después del establecimiento. Posteriormente, los riegos se suministraron durante un minuto cada media hora, con un total de 15 a 18 riegos por día.

Tratamientos de solución nutritiva

Durante el primer mes, todas las plantas se regaron con solución nutritiva universal de Steiner (1984), una conductividad eléctrica de 0,5 dS/m y pH ajustado a 6,0 con ácido sulfúrico (14 N). Luego, se efectuaron los ajustes de esta para los diferentes tratamientos con concentraciones de 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 dS/m. La solución nutritiva se modificó en la relación de aniones, utilizando 15 meq de nitrógeno total, de los cuales el 25 % se suministró en forma NH_4^+ (tabla 1). Se utilizaron fertilizantes solubles grado fertirriego: nitrato de potasio, nitrato de calcio, fosfato monopotásico, sulfato de potasio, sulfato de magnesio, sulfato de amonio y mezcla de micronutrientes (Micromix®).

Tabla 1. Soluciones nutritivas empleadas en arándano cv. Biloxi

Tratamiento CE (dS/m)	NO_3^-	H_2PO_4^-	SO_4^{-2}	K^+	Ca^{+2}	Mg^{+2}	NH_4^+
	mmol/L						
0,5	2,81	0,27	0,97	1,42	0,93	0,40	0,93
1,0	5,62	0,54	1,91	2,84	1,82	0,81	1,87
1,5	8,43	0,81	2,87	4,26	2,74	1,21	2,81
2,0	11,25	1,09	3,82	5,68	3,65	1,62	3,75

CE= conductividad eléctrica.

Fuente: Elaboración propia

Como fuente de micronutrientes se utilizó Ultrasol® Micro Mix, que es un complejo de micronutrientes quelatados, a razón de 0,03 g/L de agua.

Diseño experimental

El diseño experimental fue completamente al azar con cuatro tratamientos y cinco repeticiones. Cada repetición tenía cuatro plantas, y se obtuvo un total de veinte unidades experimentales.

Variables evaluadas

Concentración nutrimental foliar en las etapas vegetativa, de floración y de fructificación

En cada etapa fenológica se colectaron, de cada tratamiento, cinco muestras de hojas recientemente maduras, asintomáticas y libres de daños. Se lavaron y secaron en estufa con circulación de aire forzado a 70 °C por 48 horas. Posteriormente, se molieron y digestaron por vía húmeda, a razón de 4 mL por muestra de 0,5 g de materia seca. Las determinaciones analíticas realizadas fueron: N por el método de Kjeldahl, K por flamometría, P por colorimetría, y Ca y Mg por espectrofotometría de absorción atómica. Se realizó una extracción en digestión húmeda, de acuerdo con los procedimientos descritos por Alcántar-González y Sandoval-Villa (1999). Para el caso del N, se utilizó una mezcla de ácido sulfúrico con ácido salicílico, mientras que, para el P y K, se usó una mezcla de ácido nítrico con ácido perclórico. El contenido total de N se determinó por el método semi-microkjeldahl; el P, por colorimetría con un espectrofotómetro (DR2800, Hach®, EUA) y el K con un flamómetro (Flame Photometer 410, Sherwood®, Gran Bretaña).

Producción de fruto

El índice de cosecha fue el color del fruto completamente azul, libre de daños y lesiones. Los frutos que se cosecharon de cada planta se pesaron en una balanza digital Precisa®, cada 25 días, del 10 de diciembre del 2017 a 30 de mayo del 2018.

Estos frutos se clasificaron de acuerdo con su diámetro en cuatro calibres: muy pequeño (< 10 mm), pequeño (≥ 10 mm - < 12 mm), mediano (≥ 12 mm - < 16 mm) y grande (≥ 16 mm) y se obtuvo el peso en fresco. Con 300 g de fruto se obtuvo el jugo y se determinó el pH y sólidos solubles totales, con un potenciómetro (Horiba modelo LAQUAtwin) y refractómetro digital 0-53 % brix (Atago, modelo PAL-1); además se midió firmeza de fruto, con un penetrómetro digital (Meter2u, GY 4) por deformación puntual plano de 1,0 cm de diámetro en los dos polos ecuatoriales.

Análisis estadístico

Los datos se sometieron a análisis de varianza y prueba de medias Tukey ($p \leq 0,05$) con SAS® (9.0) 2009. Se realizó una estandarización Z a los valores de calibre de fruto. En cuanto a la variable °Brix y pH de fruto, se realizaron regresiones lineales para identificar el grado de asociación de las soluciones nutritivas con tales variables.

Resultados y discusión

La mayor concentración foliar de N y K se obtuvo con la CE de 2,0 dS/m ($p \leq 0,05$), mientras que las más bajas se dieron en los tratamientos con CE. de 0,5 y 1,0 dS/m (tabla 2).

Tabla 2. Concentración nutrimental foliar en arándano azul cv. Biloxi en etapa vegetativa por efecto de concentración de solución nutritiva Steiner modificada

Tratamiento					
CE (dS/m)	N	P	K	Ca	Mg
(g/kg)					
0,5	10,83 c	1,0	8,3 d	8,6	1,8
1,0	11,2 c	1,2	9,4 c	8,7	1,7
1,5	13,4 b	1,2	10,0 b	9,6	1,5
2,0	15,3 a	1,3	14,0 a	11,5	1,7
Media	12,6	1,1	10,4	9,6	1,6
Pr > F	0,0001**	0,76 n.s.	0,0001**	0,85 n.s.	0,111 n.s.
LSD	0,10	0,07	0,04	1,076	0,04
CV	4,65	15,45	2,43	16,17	10,64
R ²	0,94	0,85	0,84	0,85	0,26

CE = conductividad eléctrica; Pr > F = probabilidad mayor que el F calculado; ** = diferencia altamente significativa. Medias con la misma letra dentro de cada columna no difieren estadísticamente (Tukey, $p \leq 0,05$). n.s. = no significativa. LSD = diferencia mínima significativa; CV = coeficiente de variación.

Fuente: Elaboración propia

La concentración de N con 2,0 dS/m es similar a la reportada por Bryla y Strik (2015) para *V. corymbosum*, en un estudio de fertilización nitrogenada. Entre la concentración foliar de N, P, K y Ca, y la concentración de la solución nutritiva (SN), existe una correlación (R^2) significativa ($> 0,84$), lo cual

indica que con las SN evaluadas, el cultivo absorbió estos nutrimentos de manera proporcional conforme se elevó la concentración nutrimental de la SN. En el caso del Mg, el grado de asociación es débil ($R^2 = 0,26$) y no existió diferencia estadística entre tratamientos, de tal manera que, en esta etapa fenológica, la concentración de Mg en SN con 0,5 dS/m es suficiente para satisfacer la necesidad del cultivo.

El N fue el elemento con mayor concentración en las hojas, seguido del K, Ca, Mg y P, datos que coinciden con Rivaneira (2012), y están en los niveles óptimos para arándanos.

Concentración nutrimental foliar en etapa de floración

La mayor concentración de N y K se observó con 2,0 dS/m, seguida de la SN con 1,5 dS/m. La menor concentración se obtuvo con las SN de 1,0 y 0,5 dS/m (tabla 3). La concentración de P, Ca y Mg no fueron afectados por los tratamientos.

Tabla 3. Concentración nutrimental foliar en arándano azul cv. Biloxi en etapa de floración por efecto de concentración de solución nutritiva Steiner modificada

Tratamiento					
CE (dS/m)	N	P	K	Ca	Mg
(g/kg)					
0,5	10,5 b	1,0	8,6 d	12,0	1,5
1,0	12,2 ab	1,2	11,3 c	13,1	1,4
1,5	14,0 a	1,1	12,2 b	13,0	1,1
2,0	14,6 a	0,9	15,5 a	9,1	1,1
Media	12,8	1,0	11,9	11,8	1,2
Pr > F	0,001**	0,68 ^{n.s.}	0,0001**	0,56 ^{n.s.}	0,1111 ^{n.s.}
LSD	0,26	0,06	0,05	0,91	0,01
CV	11,26	13,16	2,52	4,20	5,35
R ²	0,96	0,16	0,96	0,37	0,88

CE = conductividad eléctrica; Pr > F = probabilidad mayor que el F calculado; ** = diferencia altamente significativa; n. s. = no significativa. Medias con la misma letra dentro de cada columna no difieren estadísticamente (Tukey, $p \leq 0,05$). LSD = diferencia mínima significativa; CV = coeficiente de variación.

Fuente: Elaboración propia

La concentración de N y K se incrementó proporcionalmente a la concentración de la SN. Este comportamiento se puede atribuir al sinergismo que existe entre los NO_3^- y K (Navarro & Navarro, 2014), que conlleva a una absorción eficiente de estos nutrimentos, pues inclusive se superó la concentración de K que indican Strik y Vance (2015) para algunos cultivares de *V. corymbosum*, que es de 6,0 a 12,0 g/kg.

No se observaron diferencias en P, Ca y Mg entre tratamientos; por lo tanto, la solución nutritiva con (0,5 dS/m) abastece en esta etapa la necesidad del cultivo. En el caso del P se confirma que el cultivo posee efectividad en su absorción y eso le permite prosperar en condiciones de suelos ácidos, los cuales

se caracterizan por poseer baja disponibilidad de P. Por ello, en el presente estudio no se observó una disminución significativa en su concentración foliar. Strik y Vance (2015) encontraron que el nivel de agotamiento de P foliar es fuerte, ya que, de estar en un valor de concentración de 0,40 %, va disminuyendo conforme pasa el tiempo hasta llegar a valores inferiores a 0,20 %, al momento en que se encuentra en etapa de producción de fruto.

Concentración nutrimental foliar en etapa de fructificación

En la etapa de fructificación, la mayor concentración de N, K y Ca se registró con la solución con CE de 2,0 dS/m y disminuyó conforme la SN estuvo más diluida (tabla 4).

Tabla 4. Concentración nutrimental foliar en arándano azul cv. Biloxi, en etapa de fructificación por efecto de concentración de solución nutritiva Steiner modificada

Tratamiento					
CE (dS/m)	N	P	K	Ca	Mg
(g/kg)					
0,5	12,0 c	1,0 a	9,4 d	7,0 c	1,7 a
1,0	12,3 bc	1,2 a	11,0 c	8,7 bc	1,7 a
1,5	14,1 b	1,1 a	12,7 b	9,4 ab	1,6 a
2,0	17,0 a	0,9 a	14,8 a	10,7 a	1,8 a
Media	13,8	1,0	9,4	8,9	1,7
Pr > F	0,001**	0,68 ^{n.s.}	0,001**	0,004**	0,3 ^{n.s.}
LSD	0,19	0,06	0,13	0,18	0,03
CV	7,79	31,16	6,26	11,62	10,17
R ²	0,80	0,08	0,89	0,67	0,19

CE = conductividad eléctrica; Pr > F = probabilidad mayor que el F calculado; ** = diferencia altamente significativa; n. s. = no significativa; medias con la misma letra dentro de cada columna no difieren estadísticamente (Tukey, $p \leq 0,05$). LSD = diferencia mínima significativa; CV = coeficiente de variación.

Fuente: Elaboración propia

La concentración foliar de N, K y Ca se incrementó de manera significativa y proporcional con respecto a la concentración de la SN. El K es un elemento que influye en el rendimiento y calidad del fruto (Santoyo et al., 2011), por lo que se incrementa su demanda durante la fructificación. A lo largo del tiempo, en los tratamientos evaluados de SN no se presentó un nivel de deficiencia en ninguno de los nutrimentos, de acuerdo con Rivaneira (2012). Existió una alta correlación ($R^2 = 0,89$) entre la concentración de la SN y la concentración de K en tejido foliar. Esto indica que hay un reabastecimiento nutrimental óptimo a nivel de tejido foliar, pues, aunque una gran cantidad de K se está movilizándose hacia los frutos, el efecto de desabasto no se observó a nivel foliar, aun cuando existieron diferencias significativas en algunos nutrimentos por efecto de los tratamientos.

Es importante hacer énfasis en que, en *Vaccinium* sp., el P es el nutrimento que más fluctuación posee; de hecho, Strik y Vance (2015) reportaron un rango de 0,40 % al inicio de fructificación y de 0,20 % al final de fructificación. Estos rangos de fluctuación no se registraron en la presente investigación, lo cual se puede atribuir al sistema hidropónico, que permitió el abasto nutrimental suficiente de la planta.

Producción de fruto

La producción acumulada de fruto mostró diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,05$). El tratamiento en el cual se registró mayor producción de fruto fue el de la SN con 1,0 dS/m; luego le siguieron los tratamientos 0,5; 1,5 y 2,0 dS/m (tabla 5).

Tabla 5. Producción de arándano por efecto de concentración de solución nutritiva Steiner modificada

Concentración de la solución (dS/m)	Producción acumulada por planta (g)
0,5	145,67 ab
1,0	190,79 a
1,5	125,15 b
2,0	117,78 b
Pr > F	0,0158*
LSD	62,277
CV	13,02

Pr > F = probabilidad mayor que el F calculado. Medias con la misma letra dentro de cada columna no difieren estadísticamente (Tukey, $p \leq 0,05$). LSD = diferencia mínima significativa; * = diferencia significativa; CV = coeficiente de variación.

Fuente: Elaboración propia

Machado et al. (2014) mencionaron que valores de conductividad eléctrica superiores a 1,5 dS/m en el medio de crecimiento provocan una disminución en el rendimiento de arándano, lo cual coincide con esta investigación, con la novedad de que el efecto se mantiene aun cuando exista un balance iónico de los nutrimentos.

Calibre de fruto

Con lo que respecta al calibre de fruto, existió efecto de tratamientos en frutos de calibre muy pequeño, mediano y grande. La SN con 0,5 y 1,0 dS/m, produjo más frutos medianos y grandes. La menor cantidad de frutos muy pequeños se obtuvo en los mismos tratamientos. La SN con 1,5 y 2,0 dS/m no tuvo frutos grandes (figura 1).

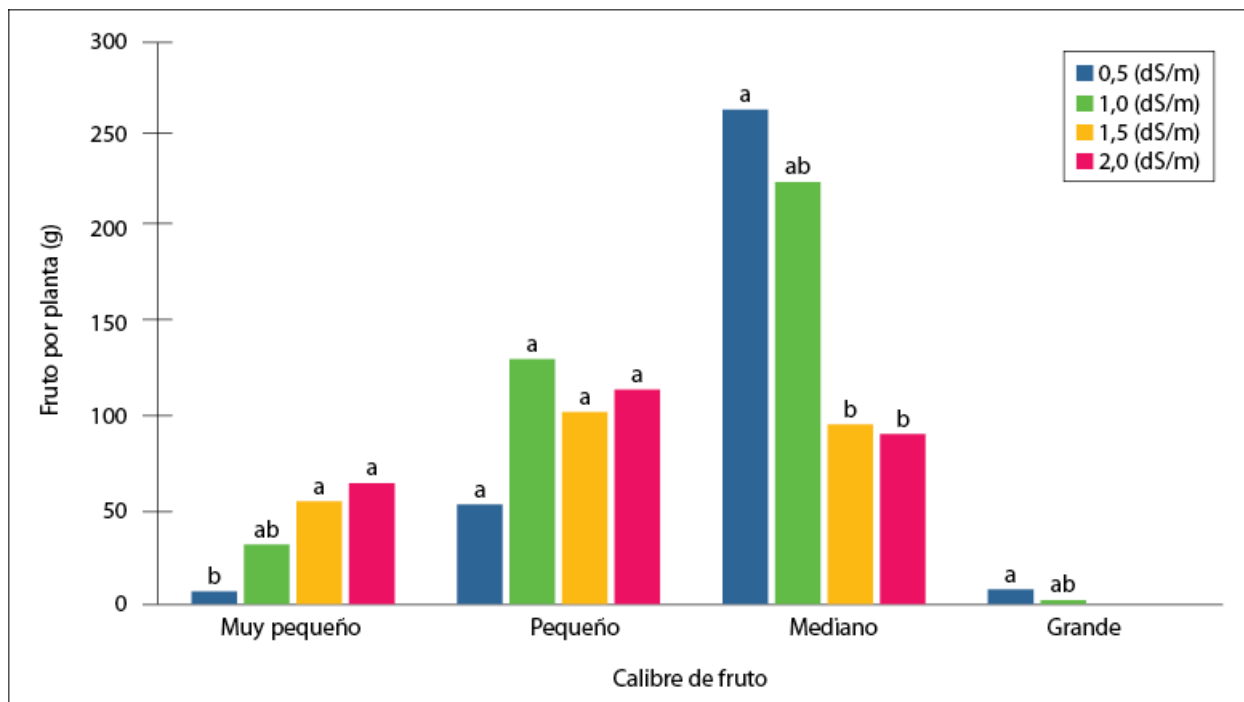


Figura 1. Efecto de concentración de solución nutritiva Steiner en calibre de fruto de arándano cv. Biloxi. Medias con la misma letra en cada calibre no difieren estadísticamente (Tukey, $p \leq 0,05$).

Fuente: Elaboración propia

Los tratamientos con concentraciones más altas de SN obtuvieron mayor cantidad de frutos pequeños y no tuvieron frutos grandes. Esto puede ser atribuido al estrés osmótico, al que fueron sometidas las plantas en dichos tratamientos. Dicha situación se respalda con lo mostrado por Mingeau et al. (2001), quienes comprobaron que, en plantas de arándano tipo arbustivo (*high bush*) sometidas a este tipo de estrés, el impacto afecta negativamente en el tamaño de los frutos. Caso similar ocurrió con la fresa, que, al ser sometida a un fuerte incremento de la conductividad eléctrica, su calidad de fruto expresada en su diámetro se vio fuertemente disminuida (Casierra-Posada & García-Riaño, 2006).

Sólidos solubles totales (SST), °Brix y pH de fruto

Para la concentración de sólidos solubles totales, el análisis de varianza no mostró diferencias significativas entre tratamientos; sin embargo, con el análisis de regresión lineal se observó una tendencia inversamente proporcional. Los SST disminuyeron conforme se incrementó la concentración de la SN (figura 2a). En el caso de pH del fruto la tendencia fue de menor acidez conforme se incrementó la concentración de la SN (figura 2b).

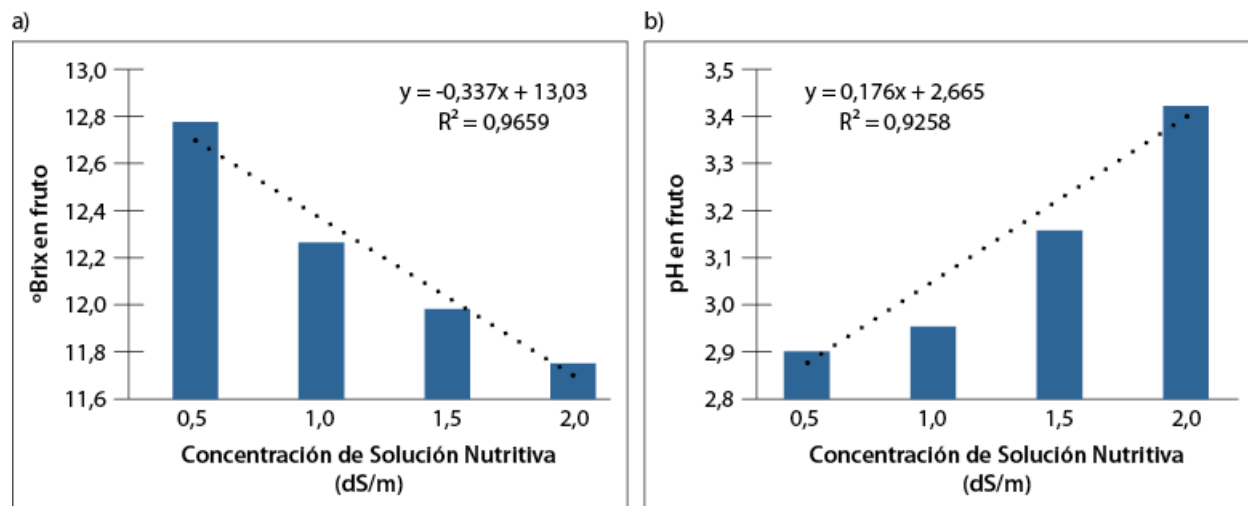


Figura 2. Efecto de concentración de la solución nutritiva Steiner en a) °Brix y b) pH, de frutos de arándano cv. Biloxi.

Fuente: Elaboración propia

Los frutos cosechados en la presente investigación están dentro de los niveles óptimos reportados (10,6 - 13,2 °Brix) para arándanos (Safner et al., 2008). El contenido de SST está muy ligado con el peso, y, por ende, con el tamaño del fruto (Cordenunsi et al., 2002), esto puede explicar el porqué de estas condiciones, ya que los frutos de estos tratamientos fueron los más pequeños en su mayoría. Los valores de pH del fruto en todos los tratamientos estuvieron en el intervalo óptimo (2,5 - 4,0) reportado para diferentes cultivares de arándano (Chiabrando et al., 2009).

Firmeza del fruto

La SN que registró los más altos valores de firmeza fue la de 0,50 dS/m, mientras que, en general, los valores disminuyeron significativamente cuando la CE fue mayor o igual a 1,0 dS/m (tabla 6).

Tabla 6. Firmeza del fruto de arándano cv. Biloxi por efecto de concentración de solución nutritiva Steiner modificada

CE (dS/m)	2 ^{do} corte		3 ^{er} corte		7 ^{mo} corte	
	Polo 1	Polo 2	Polo 1	Polo 2	Polo 1	Polo 2
	Newton					
0,5	2,56 a	2,65 a	2,75 a	2,73 a	2,38 a	2,58 a
1,0	2,45 ab	2,55 ab	2,39 b	2,51 b	2,54 a	2,55 a
1,5	2,37 b	2,47 b	2,47 b	2,60 ab	2,37 a	2,35 b
2,0	2,36 b	2,5 ab	2,43 b	2,59 ab	2,38 a	2,36 b
Pr > F	0,013*	0,059*	0,0001**	0,02*	0,031*	0,0006**
LSD	0,17	0,17	0,18	0,18	0,17	0,18
CV	14,06	13,61	14,18	13,61	13,7	14,14

CE = Conductividad eléctrica; Pr > F = probabilidad mayor que el F calculado. * = diferencia significativa; ** diferencia altamente significativa; medias con la misma letra dentro de cada columna no difieren estadísticamente (Tukey, $p \leq 0,05$); LSD = diferencia mínima significativa; CV = coeficiente de variación

Fuente: Elaboración propia

Los tratamientos con solución al 0,5 y 1,0 (dS/m) encabezaron los frutos con mayor firmeza a través de todos los cortes. Estos datos son inferiores a los valores para firmeza reportados en otros cultivares de arándano, que en promedio son de 4,0 Newtons (Rincón et al., 2012).

Conclusiones

El arándano azul *V. corymbosum* cv. Biloxi es sensible al incremento de la conductividad eléctrica. Cuando el valor de CE es mayor a 1,0 dS/m afecta el crecimiento, producción y calidad de arándano. En sistemas hidropónicos se puede utilizar una solución nutritiva con CE entre 0,5 y 1,0 dS/m sin afectar rendimiento y calidad de fruto, ni los niveles de concentración nutrimental foliar.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) México, por el apoyo económico otorgado al primer autor, para el desarrollo de sus estudios de Maestría en Agricultura Protegida.

Descargos de responsabilidad

Todos los autores realizaron aportes significativos al documento, están de acuerdo con su publicación y manifiestan que no existen conflictos de interés en este estudio.

Referencias

- Alcántar-González, G., & Sandoval-Villa, M. (1999). *Manual de análisis químico de tejido vegetal. Guía de muestreo, preparación, análisis e interpretación*. Chapingo, México: Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo.
- Álvarez-Bravo, A., Bugarín-Montoya, R., & Arellano-Figueroa M. E. (2019). Acumulación de horas frío para la producción de arándano en Nayarit, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (23), 175-185. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i23.2019>
- Bello, F., Almirón, N., Beltramini, N., & Vázquez, D. (2012). Comportamiento postcosecha de variedades patentadas de arándanos cultivadas en Entre Ríos (Argentina). *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 13(1), 31-36. <http://www.redalyc.org/html/813/81324433005/>
- Bryla, R. D., & Strik, B. C. (2015). Nutrient requirements, leaf tissue standards, and new options for fertigation of northern highbush blueberry. *Hortechology*, 25(4), 464-470. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.25.4.464>
- Casierra-Posada, F., & García-Riaño, N. (2006). Producción y calidad de fruta en cultivares de fresa (*Fragaria* sp.) afectados por estrés salino. *Revista Facultad Nacional de Agronomía-Medellín*, 59(2), 3527-3542. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179914075009>
- Chiabrando, V., Giacalone, G., & Rolle, L. (2009). Mechanical behaviour and quality traits of highbush blueberry during postharvest storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89(6), 989-992. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3544>
- Cordenunsi, B. R., Oliveira do Nascimento, J. R., Genovese, M. I. & Lajolo, F. M. (2002). Influence of cultivar on quality parameters and chemical composition of strawberry fruits grown in Brazil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(9), 2581-2586. <https://doi.org/10.1021/jf011421i>
- Crisóstomo, C. M. N., Hernández, R. O. A., López, M. J., Manjarrez-Domínguez, C., & Pinedo-Alvárez, A. (2014). Relaciones amonio/nitrato en soluciones nutritivas ácidas y alcalinas para arándano. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(3), 525-532. <https://doi.org/10.29312/remexca.v5i3.956>
- Machado, R. M. A., Bryla, D. R., & Vargas, O. (2014). Effects of salinity induced by ammonium sulfate fertilizer on root and shoot growth of highbush blueberry. *Acta Horticulturae*, 1017, 407-414. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1017.49>
- Mingeau, M., Perrier, C., & Améglio, T. (2001). Evidence of drought-sensitive periods from flowering to maturity on highbush blueberry. *Scientia Horticulturae*, 89(1), 23-40. [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(00\)00217-X](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(00)00217-X)
- Navarro, G. G., & Navarro, G. S. (2014). *Fertilizantes, química y acción*. España: Mundi-Prensa.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2020). Faostat. Datos de cultivos. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC/visualize>.
- Pavlis, G. C. (2006). Blueberry fruit quality and yield as affected by fertilization. *Acta Horticulturae*, 715, 353-356. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2006.715.52>
- Poonnachit, U., & Darnell, R. (2004). Effect of ammonium and nitrate on ferric chelate reductase and nitrate reductase in *Vaccinium* Species. *Annals of Botany*, 93(4), 399-405. <https://doi.org/10.1093/aob/mch053>
- Rincón, S. M. C., Buitrago, G. C. M., Ligarreto, M. G. A., Torres, A. W. S., & Balaguera, L. H. E. (2012). Comportamiento del fruto de agraz (*Vaccinium meridionale* Swartz) cosechado en diferentes estados de madurez y almacenado en refrigeración. *Revista Facultad Nacional de Agronomía-Medellín*, 65(2), 6615-6625. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-28472012000200006
- Rivaneira, M. F. (2012). Concentración de nutrientes en hojas de diferente estado de desarrollo en arándano. *RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 38(3), 247-250. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1669-23142012000300007&script=sci_arttext&tlng=en

- Strik, B. C., & Vance, A. J. (2015). Seasonal variation in leaf nutrient concentration of northern highbush blueberry cultivars grown in conventional and organic production systems. *HortScience*, 50(10), 1453-1466. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.50.10.1453.1>
- Santoyo, L. F. R., Erreguerena, J. M., & Serrano, F. R. D. (2011). Efecto de diferentes concentraciones de potasio en parámetros de calidad en jitomate hidropónico. *Acta Universitaria*, 21(1), 5-10. <https://doi.org/10.15174/au.2011.44>
- Saftner, R., Polashock, J., Ehlenfeldt, M., & Vinyard, B. (2008). Instrumental and sensory quality characteristics of blueberry fruit from twelve cultivars. *Postharvest Biology and Technology*, 49(1), 19-26. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2008.01.008>
- Steiner, A. A. (1984). A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. *Plant and Soil*, 15(2), 134-154. <https://doi.org/10.1007/BF01347224>
- Voogt, W., Van Dijk, P., Douven, F., & Van der Mass, R. (2014). Development of a soilless growing system for blueberries (*Vaccinium corymbosum*): nutrient demand and nutrient solution. *Acta Horticulturae*, 1017, 215-221. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1017.27>